

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-183055

(P2000-183055A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L	21/316	H 0 1 L	21/316
	21/318		21/318
	27/115		27/10
	29/78		29/78
	21/8247		4 3 4
			3 0 1 G
			3 7 1

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-346878

(22) 出願日 平成11年12月6日 (1999.12.6)

(31) 優先権主張番号 1 9 9 8 5 4 5 2 2

(32) 優先日 平成10年12月11日 (1998.12.11)

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 390019839

三星電子株式会社

大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416

(72) 発明者 鄭 炳洪

大韓民国ソウル特別市鐘路区昌信3洞13-24番地

(72) 発明者 李 正守

大韓民国京畿道龍仁市駒城面上下里296番地大字アパート102棟803号

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外1名)

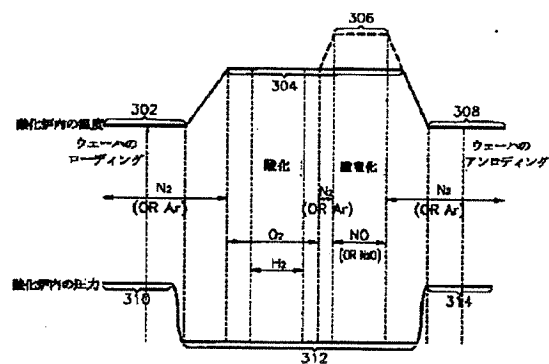
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低圧下のシリコン酸化膜及び酸窒化膜形成方法

(57) 【要約】

【課題】 得られる膜質の諸特性が良好で再現性が良い低圧湿式酸化膜及び良い低圧酸窒化膜の形成方法を提供する。

【解決手段】 本発明によるシリコン酸化膜形成方法は、シリコン基板を炉中へ引き込んで、炉内部の圧力を760torr以下に維持しながら、O₂及びH₂ガスを反応させて生成されたH₂Oガスを炉中へ注入してシリコン基板を湿式酸化することを特徴とする。また、本発明によるシリコン酸窒化膜形成方法は、シリコン基板を炉中へ引き込んで、炉内部の圧力を760torr以下に維持しながら、NOまたはN₂Oガスを炉中へ注入してシリコン基板を酸窒化することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シリコン基板を炉中へ引き込む段階と、前記炉内部の圧力を 760 torr 未満に維持しながら、 O_2 及び H_2 ガスを反応させて生成された H_2O ガスを前記炉中へ注入して前記シリコン基板を湿式酸化する段階とを含むことを特徴とするシリコン酸化膜形成方法。

【請求項 2】 雰囲気ガスとして N_2 ガスをさらに注入することを特徴とする請求項 1 に記載のシリコン酸化膜形成方法。

【請求項 3】 雰囲気ガスとして Ar または He ガスをさらに注入することを特徴とする請求項 1 に記載のシリコン酸化膜形成方法。

【請求項 4】 前記湿式酸化段階の基板温度は 700℃ ないし 1150℃ であることを特徴とする請求項 1 に記載のシリコン酸化膜形成方法。

【請求項 5】 前記湿式酸化段階後に、 NO または N_2O ガスを注入して酸化窒化する段階をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載のシリコン酸化膜形成方法。

【請求項 6】 前記酸化窒化段階の前記炉内部の圧力は概略 760 torr であることを特徴とする請求項 5 に記載のシリコン酸化膜形成方法。

【請求項 7】 前記酸化窒化段階の前記炉内部の圧力は 760 torr 未満であることを特徴とする請求項 5 に記載のシリコン酸化膜形成方法。

【請求項 8】 シリコン基板を炉中へ引き込む段階と、前記炉内部の圧力を 760 torr 未満に維持しながら、 NO または N_2O ガスを前記炉中へ注入して前記シリコン基板を酸化窒化する段階を含むことを特徴とするシリコン酸化窒化膜形成方法。

【請求項 9】 前記酸化窒化段階の基板温度は 700℃ ないし 1150℃ であることを特徴とする請求項 8 に記載のシリコン酸化窒化膜形成方法。

【請求項 10】 前記炉内部の圧力を 760 torr 以下に維持しながら、 O_2 ガスを前記炉中へ注入して前記シリコン基板を乾式酸化する段階をさらに備えることを特徴とする請求項 8 に記載のシリコン酸化窒化膜形成方法。

【請求項 11】 前記乾式酸化段階で HCl または $TCLE$ ガスをさらに注入することを特徴とする請求項 10 に記載のシリコン酸化窒化膜形成方法。

【請求項 12】 前記炉内部の圧力を 760 torr 以下に維持しながら、 O_2 及び H_2 ガスを反応させて生成された H_2O ガスを前記炉中へ注入して前記シリコン基板を湿式酸化する段階をさらに備えることを特徴とする請求項 8 に記載のシリコン酸化窒化膜形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はシリコン酸化膜(sil

icon oxide film) 及びシリコン酸化窒化膜(siliconoxynitride film) を形成する方法に係り、特に半導体素子に用いられるシリコン酸化膜及び酸化窒化膜を形成する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 高集積半導体素子で各層を形成している膜質の特性は結果的に製造された半導体素子の特性に影響を及ぼす。したがって、信頼性のある良質の膜を形成することは半導体製造過程でかなり重要な問題である。シリコン酸化膜 (SiO_2 、以下簡単に酸化膜という) 及びシリコン酸化窒化膜 (SiO_xN_y 、以下簡単に酸化窒化膜という) は半導体素子を形成する重要な層である。特に、酸化膜や酸化窒化膜、またはこれらの複合膜が、ゲート絶縁膜やトンネル絶縁膜のように極めて薄い、例えば、50 Å 以下の厚さを有する薄膜として利用される時、その形成方法によって厚さの均一性、漏洩電流特性、信頼性、再現性などの諸特性が異なるようになり、それによって完成された半導体素子の特性に大きな影響をおよぼすようになる。

【0003】 一般に酸化膜を形成する方法は大気圧状態の高温の炉(furnace)で遂行する熱酸化であって、大別して乾式酸化(dry oxidation)と湿式酸化(wet oxidation)の 2 種に区分できる。乾式酸化は高温の炉中へシリコン基板を引き込んで O_2 ガスを注入してシリコンと反応させて酸化膜を形成し、湿式酸化は H_2 と O_2 を火花反応させて H_2O ガスを生成した後、これを炉中へ注入してシリコンと反応させて酸化膜を形成する。湿式酸化は乾式酸化に比べて得られた酸化膜の電気的特性は良いが反応速度が早くて酸化膜の厚さ調節が難しいという短所がある。

【0004】 また、従来酸化窒化膜は、酸化膜と同様に大気圧状態の高温の炉中で NO や N_2O ガスをシリコンと反応させて形成することが一般的である。このような酸化窒化膜は単独で、または酸化膜と酸化窒化膜の複合膜の形態で、ゲート絶縁膜やトンネル絶縁膜などの用途に用いられる。

【0005】 一方、このように得られた酸化膜とシリコン基板の界面(interface)には捕獲電荷(trapped charge)、流動電荷(mobile charge)等酸化膜の信頼性に影響を及ぼす電荷イオン(charged ion)が存在するが、これらは一般に酸化膜成長温度が低いほど多くなる。したがって、可能なかぎり高い温度で酸化工程を行うようになるが、そのようにすると、特に大気圧下の条件における成長速度が速くなって厚さ調節がさらに難しくなる。したがって、従来の大気圧下における乾式酸化及び湿式酸化工程で、例えば、50 Å 以下の膜厚を有するゲート絶縁膜やトンネル絶縁膜を形成すると、厚さの均一性が低下され、直接トンネリング(direct tunneling)などの問題点があるために、従来の大気圧下の酸化工程は超薄膜の酸化膜(ultra thin oxide film)形成工程としては適

切でない。

【0006】このような問題点を解決するために米国特許US4,330,930号“Electrically Alterable Read Only Memory Semiconductor Device Made by Low Pressure Chemical Vapor Deposition Process”, US5,504,021号“Method of Fabricating Thin O/N/O Stacked Dielectric for High-Density DRAMs”, US5,693,578号“Method of Forming Thin Silicon Oxide Film with High Dielectric Break down and Hot Carrier Resistance”, US5,298,436号“Forming a Device Dielectric on a Deposited Semiconductor Having Sub-Layer”等では大気圧以下にて遂行される低圧乾式酸化工程を提案したことがある。しかし、まだ湿式酸化工程に対しては低圧工程が開発されなかった。また、NOやN₂Oガスを利用した酸窒化工程でも同様に低圧工程が開発されなかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】したがって、本発明の目的は、得られる膜質の諸特性が良好で再現性が良い低圧湿式酸化膜の形成方法を提供することにある。本発明の他の目的は、得られる膜質の諸特性が良好で再現性が良い低圧酸窒化膜の形成方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記のような目的を達成するための本発明によるシリコン酸化膜の形成方法は、シリコン基板を炉中へ引き込む段階及び炉内部の圧力を760 torr未満に維持しながら、O₂及びH₂ガスを反応させて生成されたH₂Oガスを炉中へ注入してシリコン基板を湿式酸化する段階を含むことを特徴とする。また、本発明の実施形態によると、前記シリコン酸化膜の形成方法はNO、または、N₂Oガスを注入して酸窒化する段階をさらに備えることもできる。

【0009】前記のような他の目的を達成するための本発明によるシリコン酸窒化膜形成方法は、シリコン基板を炉中へ引き込む段階及び炉内部の圧力を760 torr未満に維持しながら、NOまたはN₂Oガスを炉中へ注入してシリコン基板を酸窒化する段階を含むことを特徴とする。また、本発明の実施形態によると、前記シリコン酸窒化膜の形成方法は低圧湿式酸化工程、または、低圧乾式酸化工程をさらに遂行することもできる。このように本発明によると湿式酸化工程及び酸窒化工程を低圧下で行うことによって、厚さ調節が容易で良質の酸化膜及び酸窒化膜を得られる。また、この二つの工程を結合することによってさらに良質の複合膜を得られる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の望ましい実施形態を詳しく説明する。まず、本発明の実施形態に用いられる酸化装置に対して概略的に説明する。図1は酸化装置の概略的な構成を示した断面図であって、酸化装置は酸化炉100とロードロックチャンバ

ス注入口102と排気口104、反応チューブ106、ヒーター108を備え、ロードロックチャンバ114は高真空状態であり、シリコンウェーハ110が積載されたウェーハポート112が待機する。また、反応チューブ106とロードロックチャンバ114間には、ウェーハポート112が垂直移動により酸化炉100の反応チューブ106に引き込まれたりロードロックチャンバ114に引出される引き込み口116が用意されている。そして、排気口104には反応チューブ106内の圧力を調節するためのガスの注入口118、排気を調節するためのバルブ120及び排気ポンプ122が具備される。

【0011】一方、図1の装置は垂直型の酸化装置を示したが、本発明は水平型の酸化装置を用いることができ、ガス注入口102の位置も反応チューブ106の下部側面と連結される構造を示したが、反応チューブ106の上端と連結されるようにすることもできる。また、本発明の利用態様によって200ないし300 torr程度の低圧のためには、10⁻³ torr水準の真空に近い低圧を可能にする排気ポンプ122を用いない場合もある。すなわち、この程度の低圧は排気ポンプ122を用いずに図2に示されたようなノズル構造の排気口だけでも得られる。

【0012】図3は本発明の実施形態による酸化及び酸窒化過程の基板温度、ガス注入タイミング及び酸化炉内圧力の推移を示した図面であり、図4及び図5は本発明の実施例による酸化及び酸窒化を遂行することによってシリコン基板上に形成されるシリコン酸化膜及び酸窒化膜を示した断面図である。図1ないし図5を参照して本発明の実施形態を詳しく説明すると次の通りである。

【0013】まず、シリコンウェーハ110が積載されたウェーハポート112を引き込み口116を通して酸化炉100の反応チューブ106にローディングする。この際ヒーター108により酸化炉100の温度は620℃ないし680℃程度に維持し（図3の302区間）、酸化炉100内の圧力は大気圧である760 torrを維持する（310区間）。また、ウェーハのローディング及びアンローディング、酸化及び酸窒化過程の前後に酸化炉100内の圧力を調節したりバージのための雰囲気ガスとしてN₂を注入する。この雰囲気ガスとしてはN₂のみならずArやHeなどの不活性ガスを用いても良い。

【0014】続いて、ヒーター108を用いて酸化及び酸窒化を遂行するための温度、例えば、800℃ないし850℃程度（304区間）に酸化炉100の温度を上げ、同時にポンプ122、または、図2のノズル型排気口を用いて圧力を必要に応じて0.1ないし760 torrの低圧（312区間）に下げる。酸化炉の温度と圧力が所定の範囲で安定された後、ガス注入口102で白金Ptなどを利用してO₂及びH₂ガスを触媒反応させて

生成された H_2O ガスを注入して所望の厚さの酸化膜を得るまで湿式酸化を遂行する。そうすると、図4に示されたように、シリコン基板400上に酸化膜402と転移層(transition layer)404が形成される。この転移層404は酸化膜402とシリコン基板400の界面に形成される SiO の組成を有する層として、特に酸化膜402の厚さが薄くなるほどこの転移層404の厚さは酸化膜の特性に相対的に大きい影響を及ぼすが、この転移層404の補強のために後述する酸窒化過程が特に有用になる。

【0015】一方、図3には上述した湿式酸化のためのガス注入のみを示したが、図3の酸化工程は H_2 と O_2 を利用した湿式酸化の代りに O_2 ガスを用いた乾式酸化でも遂行することができる。この際、温度や圧力、雰囲気ガスなどの工程条件は上述した湿式酸化と同様に設定したり、応用によって適切に調節できる。また、ハロゲン元素を含む HCl や TCE (Trichloroethylen)などのガスを1ないし5%内外に添加すると酸化膜内の不純物を除去する効果がある。ただし、 HCl や TCE のようなガスは腐食性ガスであってポンプ122に悪影響を及ぼして寿命を短縮させる問題がある。したがって、このようなガスを用いる場合には腐食性ガスの排気ラインと低圧のためのポンピングラインを別に設け、二つのライン間には連動バルブを設け、腐食性ガスを用いる時は腐食性ガスの排気ラインに排気されるようにし、腐食性ガスを用いない際にはポンピングラインに排気されるようにすることが望ましい。もちろん、200ないし300torrまで程度の低圧であればポンプ122を用いずに図2に示した構造の排気口を用いることができる。

【0016】このように低圧湿式、または、乾式酸化で得られたシリコン基板400上の酸化膜402は、応用によってそのままゲート絶縁膜やトンネル絶縁膜として用いることができ、後述する酸窒化過程をさらに行って得られた酸化膜と酸窒化膜の複合膜としてゲート絶縁膜やトンネル酸化膜に用いることができる。また、応用によって前記した酸化過程における温度は700ないし1150℃間で適切に調節でき、 H_2 及び O_2 ガスの分圧も調節できる。次に酸窒化過程を説明する。この酸窒化過程は応用によって上述した酸化過程に続いて、または、その前に遂行することによって酸化膜と酸窒化膜の複合膜を得るために用いることもでき、酸窒化膜のみを得るために酸化過程なしに酸窒化過程のみで利用されることもできる。本実施形態では、上述した酸化過程に続き継*

*統的に酸窒化過程を遂行することとする。

【0017】図3の酸化過程を終えた状態で、反応チューブ106内にウェーハポート112をそのまま置いたまま、反応チューブ106内の残留ガスを N_2 または Ar 、 Ne などの不活性ガスを用いてバージさせる。続いて、ガス注入口102に NO または N_2O ガスを所定時間所定分圧で注入して酸窒化を遂行する。そうすると図5に示されたように、酸化膜402下に酸化膜402が蚕食されながら酸窒化膜506が形成される。この際、圧力は酸化過程と同じく0.1ないし760torrの低圧(312区間)に維持し、温度は酸化過程と同じく800ないし850℃程度(304区間)に維持したり、図3で点線で示されたように900ないし1150℃程度(306区間)に一層高めることもできる。酸窒化過程をこのように高温で遂行すると酸窒化膜506内の窒素成分の比率がさらに高まる。このように窒素成分の比率が高い酸窒化膜は後続するイオン注入時、例えば、酸化膜と酸窒化膜の複合膜をゲート絶縁膜として用いてその上にゲート電極を形成した後ホウ素(B)などの不純物イオンを注入する時に、その効果が現れる。すなわち、酸窒化膜内の窒素成分の比率が高いほど不純物イオンの下部膜への透過を抑制してゲート絶縁膜の信頼性を向上させる。

【0018】このようにして酸窒化が完了されると温度及び圧力を初期状態に回復して(308及び314区間)反応チューブ106でウェーハポート112をアンロディングすることにより酸化及び酸窒化過程が終了する。以下に、本発明による酸化及び酸窒化方法の具体的な工程条件を変化させながら得られた酸化膜の厚さ及びその均一度を比較した実験例を記載する。下記の実験例により本発明の酸化及び酸窒化方法の長所がさらに明確になる。また、下記の実験例は多様な応用による適切な工程条件の設定のための指針を提供するものである。しかし、本発明の範囲が下記の実験例に限定されるものではない。

【0019】<実験例1>本実験例では大気圧(760torr)及び低圧下における O_2 ガスによる乾式酸化を遂行して得られた酸化膜の成長速度を比較した。次の表1は850℃の温度で10分間各々の圧力で乾式酸化して得られた酸化膜の厚さを測定した結果を示したものである。

【0020】

【表1】

乾式酸化で圧力による酸化膜厚さ

圧力	760torr(大気圧)	3.8torr	760torr
O_2 流量	1000sccm		10000sccm
酸化膜厚さ	40 Å	20 Å	50 Å

【0021】表1を調べると、同じ10分の時間大気圧(760torr)下で得られた酸化膜と低圧(3.8

torr)で得られた酸化膜の厚さは、圧力が高いほど厚いということが分かる。すなわち、圧力が高いほど酸化膜の成長速度が速いということを意味してそれほど厚さ調節が難しいことを意味する。一方、図6は前記表1の760torr及び3.8torrにおける乾式酸化時その酸化時間を増やしながらか得られる酸化膜の厚さを示したものである。図6を調べると、やはり圧力が高いほど成長速度が速いことが分かる。

【0022】<実験例2>本実験例では大気圧(760*

湿式酸化で圧力による酸化膜厚さ

圧力	760torr	304torr	76torr	7.6torr
成長時間	1分40秒	4分		
酸化膜厚さ	40Å	45Å	35Å	28Å

表2を調べると、乾式酸化と同様に湿式酸化でも圧力が高いほど成長速度が速くてそれほど厚さ調節が難しいことが分かる。

【0024】<実験例3>本実験例では圧力を変化させ※

工程条件

ウェーハ大きさ : 8inch

温度 : 850℃

ガス流量 : H₂-500sccm

O₂-1000sccm

N₂-1000sccm

ウェーハポート回転 : 1.0rpm

成長時間 : 10分

【0026】次の表3ないし表5は各々圧力を650torr、400torr、350torr(この際のH₂Oガスの分圧は各々144.4torr、88.9torr、8.64torr)として湿式酸化した時得られた酸化膜の厚さを測定した結果である。これら表で横項目中1ないし9は図7に示されたような、酸化膜の厚★

*torr; 従来技術)及び低圧(304torr、76torr、7.6torr; 本発明)下でH₂及びO₂ガスによる湿式酸化を遂行して得られた酸化膜の成長速度を比較した。次の表2は850℃の温度で湿式酸化して得られた酸化膜の厚さを測定した結果を示したことである。

【0023】

【表2】

※ながら低圧湿式酸化を遂行して得られた酸化膜の厚さを測定した。用いた装置は図1の垂直型酸化炉であり共通的な工程条件は次の通りである。

【0025】

★さを測定した各地点を示し、縦項目のT、C、Bは各々150枚基準の垂直型ウェーハポートの上部分、中間部分、下の部分に積載されたウェーハに対して測定したことを示す。以下、表6ないし表15でも同様である。

【0027】

【表3】

圧力=650torr(H₂O分圧=144.4torr)の場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (Å)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	74.6	74.4	74.3	74.5	74.8	74.9	74.5	74.5	75.4	74.7	0.70
C	78.5	78.4	78.4	78.4	78.5	78.7	78.4	78.4	78.7	78.5	0.20
B	83.1	82.9	82.6	82.6	82.8	82.8	82.8	82.7	82.7	82.8	0.31

【0028】

【表4】

圧力=400torr(H₂O分圧=88.9torr)の場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (Å)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	56.1	56.1	56.0	56.2	56.4	56.9	56.2	56.2	57.5	56.4	1.36
C	58.8	58.7	58.6	58.8	59.0	59.4	58.7	58.8	59.6	58.9	0.87
B	62.9	62.7	62.5	62.7	62.9	63.1	62.7	62.6	63.4	62.8	0.68

【0029】

【表5】

圧力=350torr(H₂O分圧=8.64torr)の場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (Å)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	37.1	37.1	37.0	37.0	37.1	37.5	37.1	37.1	37.7	37.2	0.98
C	39.0	39.0	39.0	39.1	39.1	39.6	39.1	39.1	39.6	39.2	0.82
B	42.1	42.2	42.1	42.0	42.0	42.4	42.2	42.1	42.5	42.2	0.66

【0030】表3ないし表5から次のような点がわかる。第一、圧力が高いほど成長された酸化膜の厚さが増える。これは実験例2の結果とも一致する。第二、一つのウェーハに対して各地点で測定した酸化膜の厚さは、その標準偏差が1%内外であって本発明の低圧湿式酸化による酸化膜は極めて良好な厚さ均一性を有する。第三、同一な条件下でウェーハポートの上部分T、中間部分C、下の部分Bに積載されたウェーハにおける酸化膜厚さは下の部分Bに積載されたウェーハであるほど増えるが、これは反応チューブの下方に行くほど成長速度が速いことを意味する。これはガス注入口（図1の102）が反応チューブ106の下端に位置するためである。しかし、ウェーハ積載位置の上下による酸化膜厚さ差は上下の温度設定を異なるようにしたりガス注入口の*

*位置を変更することによって十分に克服できるので大した問題にならない。すなわち、例えば、酸化膜の成長速度が速い下の部分は温度を相対的に低く、成長速度が遅い上部分は温度を相対的に高く設定すると厚さがより均一な酸化膜を得られる。

【0031】＜実験例4＞本実験例では650torr及び350torrの2種の圧力で低圧湿式酸化を遂行して得られた酸化膜の厚さを測定した。用いた装置は図1の垂直型酸化炉であり共通的な工程条件は次の通りである。この際、成長時間は650torrの圧力である時は10分及び30分、350torrの圧力である時は2分、5分及び10分とした。

【0032】

工程条件

ウェーハ大きさ：8inch

温度：850℃

ガス流量：H₂-500sccm（表6及び表7）、
50sccm（表8ないし表10）

O₂-1000sccm

N₂-1000sccm

【0033】次の表6及び表7は圧力を650torr（H₂O分圧=144.4torr）とし、成長時間を各々10分及び30分として湿式酸化を遂行して得られた酸化膜の厚さを測定した結果であり、表8ないし表10は圧力を350torr（H₂O分圧=8.64torr）とし、成長時間を各々2分、5分、10分にして湿式酸化を遂行して得られた酸化膜の厚さを測定した結果である。

※rr）とし、成長時間を各々2分、5分、10分にして湿式酸化を遂行して得られた酸化膜の厚さを測定した結果である。

【0034】

【表6】

圧力=650torr(H₂O分圧=144.4torr)、成長時間=10分の場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (Å)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	75.2	74.7	74.3	74.3	74.5	75.2	74.6	74.7	75.6	74.8	0.85
C	79.6	78.8	78.6	78.5	78.4	80.2	78.7	78.8	79.1	79.0	1.11
B	85.8	84.7	83.4	82.7	82.1	83.8	83.6	83.6	83.9	83.7	1.99

【0035】

【表7】

圧力=650torr(H₂O分圧=144.4torr)、成長時間=30分の場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (Å)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	144.6	143.8	143.3	143.2	143.6	147.8	143.3	144.0	147.3	144.5	1.60
C	150.5	149.4	149.1	148.7	149.0	154.0	148.8	149.4	150.7	150.0	1.76
B	160.2	160.2	155.7	154.1	153.3	156.4	156.1	156.0	155.8	156.4	2.21

【0036】

【表8】

11

12

圧力=350torr(H₂O分圧=8.64torr)、成長時間=2分の場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (A)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	29.0	28.7	28.6	28.7	29.0	29.2	28.8	28.9	29.3	28.9	1.11
C	31.4	31.2	31.2	31.3	31.4	31.7	31.3	31.3	31.6	31.4	0.73
B	34.2	34.1	34.1	34.0	34.2	34.4	34.2	34.0	34.4	34.2	0.64

【0037】

【表9】

圧力=350torr(H₂O分圧=8.64torr)、成長時間=5分の場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (A)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	32.1	31.9	31.8	31.8	32.0	32.1	32.0	31.9	32.3	32.0	1.08
C	33.6	33.5	33.5	33.5	33.7	33.7	33.6	33.6	33.8	33.6	0.49
B	36.1	35.9	35.8	35.8	36.0	36.0	36.0	35.8	36.0	35.9	0.47

【0038】

【表10】

圧力=350torr(H₂O分圧=8.64torr)、成長時間=10分の場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (A)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	37.1	37.1	37.0	37.0	37.1	37.5	37.1	37.1	37.7	37.2	0.98
C	39.0	39.0	39.0	39.1	39.1	39.6	39.1	39.1	39.6	39.2	0.82
B	42.1	42.2	42.1	42.0	42.0	42.4	42.2	42.1	42.5	42.2	0.66

【0039】表6ないし表10から分かることは、実験例3で分かる事項外に、酸化膜の厚さが時間と圧力に比例するという点である。参考に、2種の圧力条件下で成長時間と酸化膜の厚さの関係をグラフで示したことが図8である。

【0040】＜実験例5＞本実験例ではウェーハポートの回転可否が酸化におよぶ効果を調べるために、同一な＊30

＊工程条件下で低圧湿式酸化を遂行するが、ウェーハポートを回転させた場合とウェーハポートを回転させない場合に得られた酸化膜の厚さを測定した。用いた装置は図1の垂直型酸化炉であり共通的な工程条件は次の通りである。

【0041】

工程条件

ウェーハ大きさ：8inch

温度：850℃

ガス流量：H₂-500sccmO₂-1000sccmN₂-1000sccm圧力：650torr (H₂O分圧：144.4torr)

成長時間：10分

【0042】次の表11及び表12は各々ウェーハポートを回転させない場合及び1.0rpmで回転させた場合に湿式酸化を遂行して得られた酸化膜の厚さを測定し※

※た結果である。

【0043】

【表11】

ウェーハポートを回転させない場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (A)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	75.2	74.7	74.3	74.3	74.5	75.2	74.5	74.7	75.6	74.8	0.83
C	79.6	78.8	78.6	78.5	78.4	80.2	78.7	78.8	79.1	79.0	1.11
B	85.8	84.7	83.4	82.7	82.1	83.8	83.6	83.6	83.9	83.7	1.99

【0044】

【表12】

ウェーハポートを1.0rpmで回転させた場合の酸化膜厚さ

	各測定地点における酸化膜厚さ									平均 (Å)	標準偏差 (±%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
T	74.6	74.4	74.3	74.5	74.8	74.9	74.5	74.5	75.4	74.7	0.70
C	78.5	78.4	78.4	78.4	78.5	78.7	78.4	78.4	78.7	78.5	0.20
B	83.1	82.9	82.6	82.6	82.8	82.8	82.8	82.7	82.8	82.8	0.31

【0045】表11及び表12を調べると容易に分かるように、ウェーハポートを回転させる場合が回転させない場合に比べて成長された酸化膜の厚さがはるかに均一である。これは、ウェーハ全体にガスが万遍なく接触するためである。

【0046】＜実験例6＞本実験例では本発明に従って低圧下で酸化膜を形成し、その酸化膜内のNの比率と膜厚とを測定した。図9は得られた酸化膜内のNの比率を任意の単位で示したグラフである。図面を参照すれば、特に850℃に30分間酸化を行った場合

(■)に、NOガスの圧力が減少するほどNの比率が減少することがわかる。しかし、NOガスの圧力の減少に応じて得られた酸化膜のN比率の減少は微々であり、これは本発明によって低圧下における酸化過程を通じて得られた酸化膜が十分に有用であることを意味する。

【0047】また、図10は得られた酸化膜の厚さを示したグラフである。ここで、成長時間は10分であった。図10からわかるように、低圧（略75乃至760 Torr）下で得られた酸化膜は大気圧（760 Torr）下で得られた酸化膜とその厚さがほぼ同一である。これは本発明によって低圧下における酸化過程を通じて得られた酸化膜が十分に有用であることを意味する。

【0048】

【発明の効果】以上、詳しく説明したように、本発明によると、低圧下で酸化及び酸化過程を遂行することによって成長される酸化膜及び酸化膜の厚さ調節が容易しながらも均一であり、信頼性のある酸化膜、酸化膜及びこれらの複合膜を得られる。特に、本発明によって形成された酸化膜、酸化膜、または、これらの複合膜はゲート絶縁膜やトンネル絶縁膜等極めて薄い絶縁膜を必要とする応用に適している。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態によってシリコン酸化膜及び酸化膜を形成する時を用いる酸化装置の概略的な構成を示した図面である。

【図2】 図1のA部分を拡大した図面である。

【図3】 本発明の実施形態によってシリコン酸化膜及び酸化膜を形成する時、温度、圧力、ガス注入タイミ

ングなどの工程条件を示した図面である。

【図4】 本発明の実施形態によって形成されたシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜を示した断面図である。

【図5】 本発明の実施形態によって形成されたシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜を示した断面図である。

【図6】 大気圧と低圧下で乾式酸化方法を用いてシリコン酸化膜を成長した時、その成長時間と成長された酸化膜の厚さの関係を示したグラフである。

【図7】 本発明の実施形態でウェーハ上に形成されたシリコン酸化膜の厚さを測定する地点を示した図面である。

【図8】 本発明の実施形態によって低圧下で湿式酸化方法によりシリコン酸化膜を成長した時、その成長時間と成長された酸化膜の厚さの関係を示したグラフである。

【図9】 本発明の実施形態によって低圧下で酸化方法によりシリコン酸化膜を成長した時、NOガスの圧力と得られた酸化膜のN比率との関係を示したグラフである。

【図10】 本発明の実施形態によって低圧下で酸化方法によりシリコン酸化膜を成長した時、NOガスの圧力と得られた酸化膜の厚さとの関係を示したグラフである。

【符号の説明】

302 酸化炉の温度を620ないし680℃程度に維持区間

304 酸化炉の温度を800ないし850℃程度に上げる区間

306 酸化炉の温度を900ないし1150℃程度に一層上げる区間

308, 314 アンロディング区間

310 酸化炉内の圧力は大気圧である760 Torrを維持する区間

312 圧力を必要に応じて0.1ないし760 Torrの低圧に下げる区間

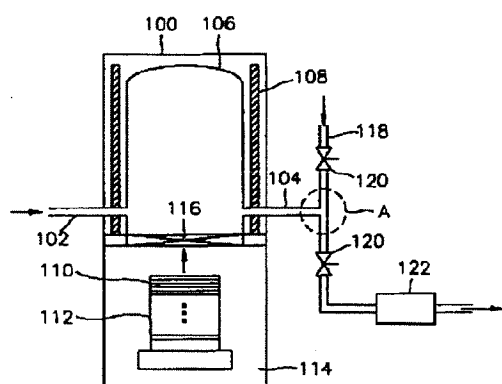
400 シリコン基板

402 酸化膜

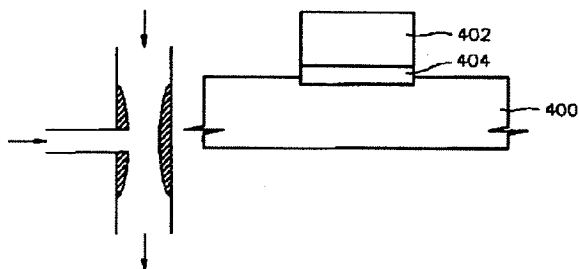
404 転移層

506 酸化膜

【図 1】

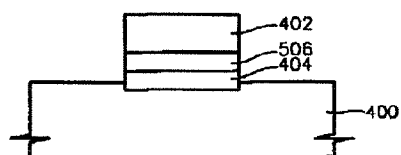


【図 2】

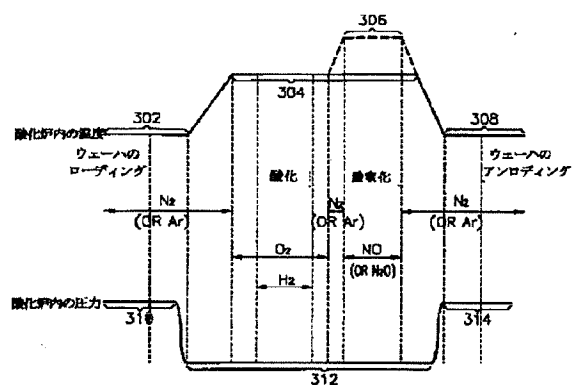


【図 4】

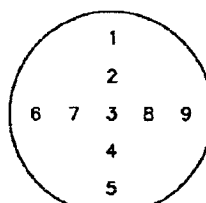
【図 5】



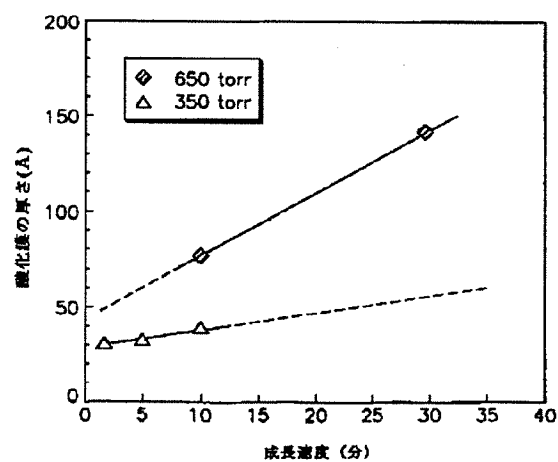
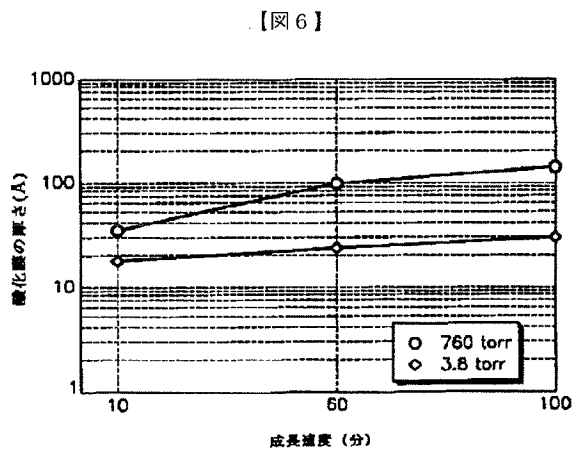
【図 3】



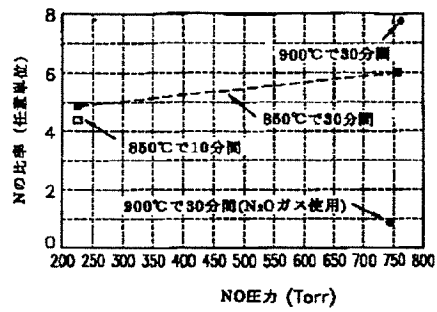
【図 7】



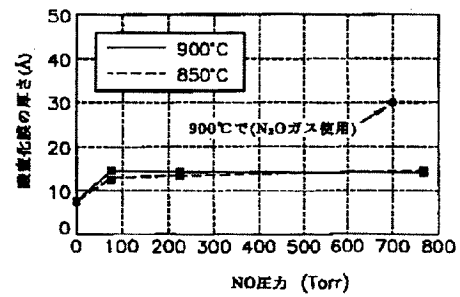
【図 8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

ターマート (参考)

H O I L 29/788

29/792

(72) 発明者 李 東根

大韓民国ソウル特別市中浪区面牧2洞192
-42番地

(72) 発明者 鄭 佑仁

大韓民国ソウル特別市松坡区巨余洞362番
地現代1次アパート106棟1402号